

NIEDOBORY OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH W OKRESIE WEGETACYJNYM W ZLEWNI MAŁEJ WISŁY (1984–2013)

Marta Cebulska

Politechnika Krakowska

Streszczenie. Zbadano ciągi dni bez opadów, które wyznaczono na podstawie wartości dobowych opadów atmosferycznych z 12 stacji pomiarowych położonych w zlewni Małej Wisły. Dokonano również oceny niedoborów miesięcznych opadów atmosferycznych, wykorzystując wskaźnik względny opadu (RPI) oraz wskaźnik standaryzowanego opadu (SPI). Uwzględnione dane, sumy dobowe opadów atmosferycznych z lat 1984–2013 pochodzą z IMGW-PIB. Wykazano, że średnia liczba dni w roku bez opadów na badanym obszarze wyniosła od 157 w Wiśle Malince do 195 dni w Warszowicach, a w okresie wegetacyjnym od 85 dni w Wiśle Malince, 89 dni w Istebnej-Stecówce i Wiśle Głębcach do 99 dni w Tychach oraz 102 dni w Warszowicach. W okresie badanego 30-lecia najczęściej posuch wystąpiło w latach: 1992, 1994, 1999, 2005. W przypadku liczby miesięcy z opadami poniżej wartości średniej wieloletniej – najmniej wystąpiło w Górkach Wielkich i w Warszowicach – 59, a najczęściej – 71 w Ustroniu Równicy. Liczba zaś miesięcy z niedoborami opadów o różnym nasileniu, wyznaczona na podstawie wartości SPI, waha się od 48 w Warszowicach i Wiśle Głębcach do 55 w Mazańcowicach. Najsilniejsza susza meteorologiczna okresu wegetacyjnego wystąpiła w kwietniu 2009 roku na całym obszarze objętym badaniami.

Słowa kluczowe: susza meteorologiczna, ciąg dni bez opadów, wskaźnik względny opadu, wskaźnik standaryzowanego opadu

WPROWADZENIE

Niedobory opadów atmosferycznych są wynikiem zalegania układów wysokiego ciśnienia na danym obszarze, np. w Europie Środkowej posuchy w chłodnej połowie roku kształtuje głównie klin Wyżu Syberyjskiego [Brázdil i in. 2009]. W dłuższym okresie czasu niedobory te mogą spowodować rozwój kolejnych etapów suszy w tym gło-

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr inż. Marta Cebulska, Instytut Inżynierii i Gospodarki Wodnej, Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków; e-mail: marta.cebulska@iigw.pk.edu.pl

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków 2016

wej, a nawet hydrologicznej, powodując m.in. obniżenie poziomu zwierciadła wody w ciekach powierzchniowych. Ponadto długie okresy bezopadowe, szczególnie w okresie wegetacyjnym, przynoszą znaczne obniżenie plonów roślin uprawnych [Kozmiński 1983, 1986]. Metoda uwzględniająca wyznaczenie ciągów bezopadowych, w odniesieniu do innych stosowanych kryteriów wyznaczenia okresów suchych, „może być bardziej przydatna z uwagi na bieżącą analizę dni bez opadu” [Kasperska-Wołowicz i in. 2003], a także jak wynika z badań Douguédroit [1992], charakterystykę okresów suchych najlepiej przeprowadzić na podstawie ciągów dni bezopadowych. Na ich podstawie można określić m.in. czas trwania posuchy, a także częstość jej występowania [Kozmiński 1983, 1986, Kasperska-Wołowicz i in. 2003, Grabowska i in. 2004, Radzka 2014]. Jednak wybór metody wyznaczenia ciągów dni bezopadowych zależy od celu badań przyjętego przez autora [Kasperska-Wołowicz i in. 2003]. Jak wynika z badań Kozmińskiego [1986], okresy bez opadów trwające ponad 15 dni najczęściej występują w dorzeczu Wisły (od ujścia Wisłoki po ujście Wierzycy), a okresy trwające ponad 20 dni najczęściej obserwowano w środkowej i dolnej części dorzecza Wisły, natomiast w wysokich górach w latach 1951–1970 w ogóle nie występowały. W Krakowie, w wieloletnim przebiegu okresów bezopadowych występują zmiany, które polegają na spadku rocznej liczby ciągów dni bezopadowych i wzroście ich średniej długości [Twardosz 1999].

Innym kryterium wyłonienia okresów niedoborów opadów atmosferycznych w poszczególnych miesiącach jest często stosowany wskaźnik względny opadu (RPI) [Kasperska-Wołowicz i in. 2003, Grabowska i in. 2004, Kalbarczyk i Kalbarczyk 2005, Łabędzki 2006, Michalska i Kalbarczyk 2007, Ziernicka-Wojtaszek 2012]. Uwzględniany jest również „do monitoringu suszy wykonywanym przez Kujawsko-Pomorski Ośrodek Badawczy ITP w Bydgoszczy” [Jarząbek i in. 2013]. Do oceny okresów suszy meteorologicznej w ponad 70 krajach świata wykorzystuje się wskaźnik standaryzowanego opadu (SPI). Wskaźnik ten został również „uzgodniony przez grupę ekspercką ds. niedoborów wody i suszy przy Komisji Europejskiej”. W Polsce jest on rekomendowany przez IMGW-PIB [Jarząbek i in. 2013] i powszechnie stosowany do analizy występowania suszy meteorologicznej [Kalbarczyk i Kalbarczyk 2005, Łabędzki 2006, Michalska i Kalbarczyk 2007, Bąk i in. 2012, Ziernicka-Wojtaszek 2012, Bartczak i in. 2014].

Celem niniejszej pracy była ocena częstości wystąpienia okresów z niedoborem opadów atmosferycznych w okresie wegetacyjnym w zlewni Małej Wisły na podstawie danych wyjściowych z 12 stacji pomiarowych w latach 1984–2013. W pracy rozpatrzono ciągi dni bez opadów atmosferycznych, jak również miesiące z niedoborem opadów wyznaczone na podstawie przyjętych kryteriów.

MATERIAŁ ŹRÓDŁOWY I METODY BADAŃ

Materiał źródłowy stanowiły sumy dobowe opadów atmosferycznych z 12 stacji pomiarowych (tab. 1) położonych w zlewni Małej Wisły (ryc. 1) z lat 1984–2013. Dane te pochodzą z IMGW-PIB. W pracy określono liczbę dni z opadem, a także wyznaczono i przeprowadzono analizę ciągów dni bezopadowych w okresie wegetacyjnym (IV–IX), które ustalono z uwzględnieniem metody opracowanej przez Kozmińskiego [1986].

Metoda ta uznawana jest za „najbardziej miarodajną w ocenie niedoborów opadów” [Radzka 2014]. Na podstawie długości okresu bezopadowego wyznaczono posuchy, trwające: 11–15 dni, 16–20 dni oraz ponad 20 dni. Przyjęto, że dzień z opadem $\geq 1,5$ mm lub też dwa kolejne dni o sumie opadów $\geq 1,5$ mm przerywają okres bez opadów trwający 11–15 dni, a dzień z opadem o wysokości ≥ 2 mm lub dwa kolejne dni o sumie opadów ≥ 2 mm przerywają okres bezopadowy powyżej 15 dni [Kozłowski 1986; Łabędzki 2006, Radzka 2014].

W przypadku ciągu dni bezopadowych obejmującego dwa okresy, za Grabowską i in. [2004] oraz Radzką [2014], ciąg taki zaliczano do analizowanego okresu, gdy co najmniej 60% dni tego ciągu występowało w danym okresie. W sytuacji zaś, gdy po 50% dni bez opadów występowało w dwóch sąsiednich okresach, ciąg taki zaliczano do okresu późniejszego.

W okresie wegetacyjnym, dokonano również oceny niedoborów miesięcznych opadów atmosferycznych, uwzględniając wskaźnik względny opadu RPI (*Relative Precipitation Index*) oraz wskaźnik standaryzowanego opadu SPI (*Standardized Precipitation Index*).

Tabela 1. Lokalizacja stacji meteorologicznych
Table 1. Location of meteorological stations

Stacja Station	H m n.p.m	Współrzędne geograficzne Geographical coordinates	
		φ	λ
Goczałkowice	247	49°56′	18°58′
Górki Wielkie	327	49°46′	18°51′
Istebna-Stecówka	750	49°35′	18°56′
Mazańcowice	325	49°51′	18°59′
Ochaby	270	49°50′	18°45′
Skoczów	286	49°47′	18°47′
Straconka	450	49°47′	19°06′
Tychy	270	50°08′	18°58′
Ustroń Równica	650	49°43′	18°51′
Warszowice	265	49°59′	18°42′
Wisła Głębcze	480	49°37′	18°52′
Wisła Malinka	685	49°38′	18°58′

Okresy niedoborów opadów atmosferycznych wyznaczono, uwzględniając procentowy udział sumy opadów danego miesiąca w odniesieniu do normy, którą stanowi wartość opadu będąca średnią wieloletnią sum opadów danego miesiąca. Na podstawie tak wyznaczonej wartości wskaźnika RPI za miesiąc skrajnie suchy uznano taki okres, w którym suma opadów jest mniejsza od 25% normy, za miesiąc bardzo suchy – gdy suma opadów zawiera się w przedziale (25% – 50%) normy, a za miesiąc suchy – gdy suma opadów stanowi (50% – 75%) normy [Łabędzki 2006].

Wartości wskaźnika standaryzowanego opadu (SPI) wyznaczone zostały poprzez zastosowanie metody zaproponowanej przez McKee i in. [1993, 1995]. Na podstawie

wartości tego wskaźnika wyróżniano okres ekstremalnie suchy, gdy $SPI \leq -2,0$. Za okres bardzo suchy uznano ten, gdy $SPI \in (-2,0 \div -1,50)$, a za umiarkowanie suchy przyjęto okres gdy $SPI \in (-1,50 \div -0,50)$.



Ryc. 1. Położenie stacji pomiarowych na obszarze Małej Wisły
Fig. 1. Location of the measuring stations in the Small Vistula valley

Kryteria te po modyfikacji metody McKee i in. [1995] zostały wprowadzone przez Bąka i Łabędzkiego [2003] jako wynik ich badań nad suszą w Wielkopolsce i Kujawach w latach 1954–1998. Wartości wskaźnika standaryzowanego opadu (SPI) obliczono według wzoru [Łabędzki 2006]:

$$SPI = \frac{f(P) - f(\bar{P})}{d_u}$$

gdzie:

- $f(P) = \sqrt[3]{P}$ – przekształcona znormalizowana suma opadów, mm,
- $f(\bar{P})$ – średnia wartość znormalizowanego ciągu opadów, mm,
- d_u – odchylenie standardowe znormalizowanego ciągu opadów, mm.

WYNIKI BADAŃ

Rozpatrzono częstość opadów dobowych o różnej wielkości na podstawie kryterium uwzględnionego w badaniach m.in. przez Olechnowicz-Bobrowską [1970] i Twardosza [2000]. Z zestawienia zamieszczonego w tab. 2 wynika, że w zlewni Małej Wisły około 20% dni z opadem dobowym stanowią opady bardzo słabe, a więc takie, których suma jest mniejsza od 1,0 mm, a opady słabe o sumie od 1,1 do 5 mm stanowią ponad 30% dni z opadem. Średnio w roku liczba dni z opadem poniżej 1,0 mm wyniosła od 38 dni w Ustroniu Równicy do 60 dni w Skoczowie, a w okresie wegetacyjnym od 16 dni w Ustroniu Równicy do 26 dni w Górkach Wielkich i Skoczowie. Średnio w roku liczba dni bez opadów na badanym obszarze wyniosła od 157 dni w Wiśle Malince do 190 w Tychach i 195 dni w Warszowicach, a w okresie wegetacyjnym od 85 dni w Wiśle Malince, 89 dni w Istebnej-Stecówce i Wiśle Głębcach do 99 dni w Tychach oraz 102 dni w Warszowicach.

Okresy bezopadowe mogą występować w ciągu całego okresu wegetacyjnego, najczęściej występowały one we wrześniu – od 4 w Skoczowie do 8 w Tychach. Najmniej okresów posuchy atmosferycznej zanotowano w czerwcu – do 2 w Tychach oraz w Warszowicach (tab. 3).

Tabela 2. Częstość (w %) opadów dobowych o różnej wielkości w okresie wegetacyjnym (1984–2013)

Table 2. Frequency (in %) of daily rainfalls with different volume in the growing season (1984–2013)

mm	Goczalkowice	Górki Wielkie	Istebna-Stecówka	Mazańcowice	Ochaby	Skoczów	Straconka	Tychy	Ustron Równica	Warszowice	Wisła Głębee	Wisła Malinka
0,1–1,0	26,8	27,9	22,1	22,3	26,1	28,0	23,6	28,6	18,0	27,5	23,2	22,9
1,1–5,0	35,8	32,0	33,2	37,0	35,3	33,4	31,7	38,1	31,4	36,5	33,5	31,1
5,1–10	18,9	17,1	19,0	17,3	18,3	18,4	17,7	18,1	20,4	18,1	18,5	19,5
10,1–20	12,2	14,2	16,4	14,9	13,2	12,2	15,8	10,5	17,5	12,0	15,9	15,8
>20	6,4	8,9	9,2	8,4	7,1	8,1	11,2	4,6	12,8	5,9	9,0	10,7

Liczba wszystkich okresów posusznych w okresie wegetacyjnym w zlewni Małej Wisły w analizowanym 30-leciu wahała się od 10 w Wiśle Głębcach do 25 i 26 w Tychach oraz Warszowicach (tab. 4). Najkrótsza posucha, trwająca od 11 do 15 dni wystąpiła średnio raz na dwa lata w Goczalkowicach, Mazańcowicach, Straconce i Ustroniu Równicy, a w Ochabach, Tychach i Warszowicach częściej niż co dwa lata. W pozostałych zaś punktach pomiarowych posucha do 15 dni występowała raz na 3–4 lata. W przypadku posuchy trwającej od 16 do 20 dni liczba okresów bezopadowych wahała się od 1 w Wiśle Malince do 5 w Tychach. Na analizowanym obszarze najwięcej posuch długotrwałych trwających ponad 20 dni wystąpiło w Warszowicach – 3 (tab. 4).

Najdłuższy okres bez opadów w całej zlewni Małej Wisły rozpoczął się w ostatnich dniach października 2011 roku, a zakończył w pierwszej dekadzie grudnia 2011 roku. Najwcześniej (26.10.2011) zaznaczył się na stacjach w Goczałkowicach, Istebnej-Stecówce, Skoczowie, Straconce, Tychach i Warszawicach, a najpóźniej (28.10.2011) w Ustroniu Równicy.

Tabela 3. Liczba ciągów bezopadowych w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego (1984–2013)

Table 3. Number of rain-free days' sequences in particular months of the growing season (1984–2013)

Stacja – Station	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Goczałkowice	3	3	1	3	1	7
Górki Wielkie	1	1	1	3	3	5
Istebna-Stecówka	0	1	1	5	4	6
Mazańcowice	2	1	1	4	5	6
Ochaby	3	2	1	5	5	5
Skoczów	2	2	1	3	4	4
Straconka	3	2	0	4	4	6
Tychy	3	5	2	3	4	8
Ustroń Równica	1	1	1	3	6	6
Warszowice	4	4	2	6	3	7
Wisła Głębcze	1	0	1	2	1	5
Wisła Malinka	0	1	1	4	3	6

Tabela 4. Liczba ciągów bezopadowych o różnej długości w okresie wegetacyjnym (1984–2013)

Table 4. Number of rain-free days' sequences with varying lengths of time in the growing season (1984–2013)

Długość ciągu, dni Length of sequences, days	Goczałkowice	Górki Wielkie	Istebna-Stecówka	Mazańcowice	Ochaby	Skoczów	Straconka	Tychy	Ustroń Równica	Warszowice	Wisła Głębcze	Wisła Malinka
11÷15	15	9	13	14	17	12	15	19	15	20	7	13
16÷20	2	3	3	4	3	2	2	5	3	3	2	1
> 20	1	2	1	1	1	2	2	1	0	3	1	1
Suma	18	14	17	19	21	16	19	25	18	26	10	15

Równie długi okres bez opadów (od 31.03 do 10.05.2009) wystąpił w Goczałkowicach, Warszowicach, Straconce oraz w Tychach (tab. 5). W okresie tym liczba dni bez opadów w Skoczowie przekroczyła 20, natomiast w części źródłowej obszaru Małej Wisły od marca do maja nie wystąpił okres posuszny. We wrześniu 1999 roku na całym badanym obszarze wystąpił niedobór opadów atmosferycznych (tab. 5), jednak w Tychach liczba dni bez opadów wyniosła 18, a w Goczałkowicach 13.

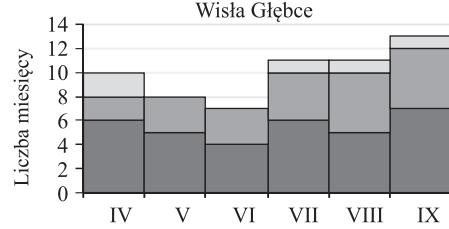
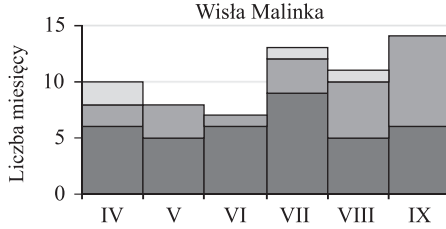
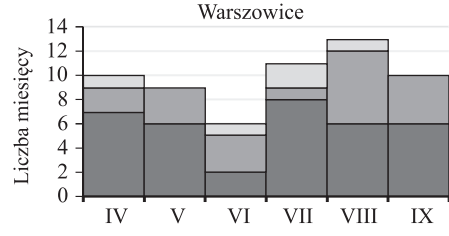
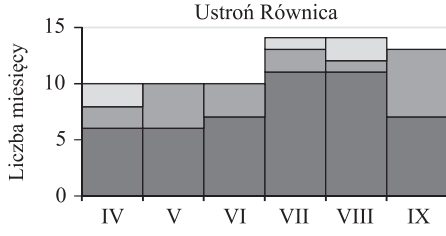
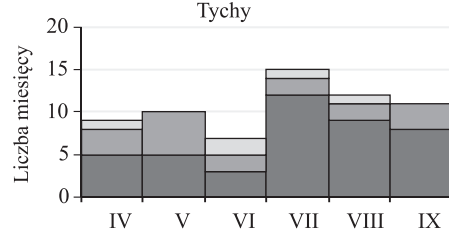
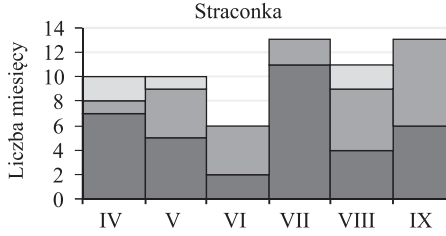
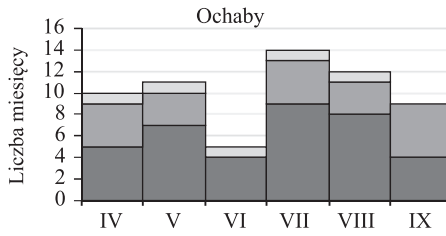
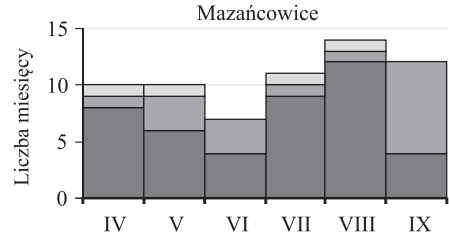
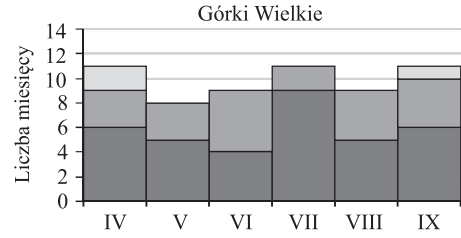
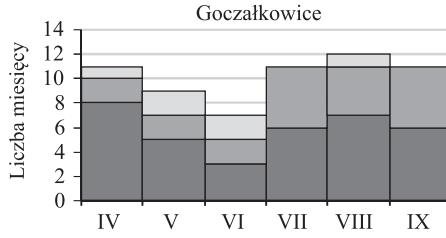
W latach 1985, 1995, 1998, 2010 w miesiącach od kwietnia do września na całym analizowanym obszarze okresy posuszne nie występowały. W rozpatrywanym 30-leciu w zlewni Małej Wisły najwięcej okresów z posuchami stwierdzono w latach: 1992, 1994, 1999, 2005, przy czym w 2005 roku, okres bez opadów (od 11 do 15 dni) wystąpił w sierpniu, a kolejny we wrześniu.

Tabela 5. Lata wystąpienia okresów bez opadów powyżej 20 dni (1984–2013)

Table 5. Years of rain-free periods' occurrence above 20 days (1984–2013)

Stacja Station	Lata wystąpienia okresu posusznego Years of drought occurrence	
	20–29 dni	≥ 30dni
Goczałkowice		2009
Górki Wielkie	1999	
Istebna-Stecówka	1992; 1999	
Mazańcowice	1999	
Ochaby	1999	
Skoczów	1999; 2009	
Straconka	1994; 1999	2009
Tychy		2009
Ustroń Równica	1999	
Warszowice	1999; 2007	2009
Wisła Głębcze	1999	
Wisła Malinka	1999	

Uwzględniając obliczoną wartość wskaźnika względnego opadu (RPI), w zlewni Małej Wisły wyróżniono miesiące skrajnie suche, bardzo suche i suche (ryc. 2). W badanym 30-leciu, w każdym miesiącu dostrzeżono co najmniej jedną stację, dla której dany miesiąc określono jako skrajnie suchy lub bardzo suchy, lub też suchy. W kwietniu, w latach 1984, 1988, 2002, 2007–2009 i 2013 prawie w całej zlewni Małej Wisły wystąpiła susza meteorologiczna. W latach tych niedobory opadów notowano niemal we wszystkich stacjach pomiarowych – np. kwiecień 2009 roku na całym badanym obszarze charakteryzował się niewielkim opadami – od 0,1 mm w Warszowicach do 13,2 mm w Istebnej-Stecówce. Udział sumy opadów tego miesiąca w stosunku do średniej wieloletniej nie przekroczył 20% i osiągnął w Istebnej-Stecówce 17%, a w Warszowicach tylko 0,2%.



W maju w analizowanym okresie, susza meteorologiczna wystąpiła w latach: 1992, 1993, 2001, 2012 i objęła ponad 92% stacji pomiarowych tego obszaru. Maj 2012 roku i wrzesień 2011 roku to okresy bardzo suche na całym badanym obszarze. Sumaryczne opady w stacjach pomiarowych tych miesięcy stanowiły 25÷50% średniej wieloletniej danego miesiąca. W 11 zaś stacjach maj 1993 roku zgodnie z przyjętym kryterium był bardzo suchy, a wrzesień 2003 roku suchy. W czerwcu w latach 1994, 2003 i 2008 opady poniżej średniej wieloletniej wystąpiły prawie na całym obszarze. Z kolei w lipcu w latach 1987–1995 w przeważającej części tego obszaru (w ponad 67% stacji pomiarowych) zaznaczył się niedobór opadów atmosferycznych. Ponadto lipiec 2006 oraz lipiec i sierpień w latach 2012 i 2013 okazał się okresem o różnym nasileniu suszy. W przekroju wieloletnim sierpień 1992, 1998–2000, 2003, 2004 oraz wrzesień 1985, 1986, 2000, 2003–2006, 2009, 2011 uznano zgodnie z przyjętym kryterium RPI za okres z niedoborem opadów atmosferycznych, który objął co najmniej 8 stacji pomiarowych (67%).

W przypadku liczby miesięcy z niedoborem opadów atmosferycznych wyznaczonych na podstawie wskaźnika RPI – najmniej takich miesięcy wystąpiło w Górkach Wielkich i w Warszawicach – 59, a najwięcej – 71 w Ustroniu Równicy (tab. 6).

Dla wszystkich stacji pomiarowych w okresie wegetacyjnym w latach 1984–2013, na podstawie wartości wskaźnika SPI, wyznaczono okres suszy umiarkowanej, okres bardzo suchy i suszy ekstremalnej. Zjawisko to w okresie wegetacyjnym w sumie wystąpiło od 47 razy w Straconce do 55 razy w Mazańcowicach (tab. 6). W badanym 30-leciu nie stwierdzono miesięcy ekstremalnie suchych we wrześniu na całym badanym obszarze z wyjątkiem Tychów oraz Goczałkowic. Podobnie w maju również nie dostrzeżono okresów ekstremalnie suchych z wyjątkiem Wisły Malinki, Warszawic, Ochabów i Mazańcowic. Najwięcej okresów bez opadów wystąpiło w lipcu (od 7 przypadków w Warszawicach do 11 w Goczałkowicach, Górkach Wielkich i Mazańcowicach) oraz we wrześniu (od 8 przypadków w Ochabach do 11 w Goczałkowicach) (tab. 6, ryc. 3). Najsilniejsza susza meteorologiczna wystąpiła na całym obszarze w kwietniu 2009 roku – wartość SPI wyniosła od –3,88 w Warszawicach do –2,42 w Istebnej-Stecówce. W środkowej części obszaru, ekstremalnie suchym okazał się również czerwiec 1994 roku, w którym sumaryczny opad tego miesiąca stanowił od 17% średniej wieloletniej w Goczałkowicach do 31% w Skoczowie. Wartość SPI wyniosła od –2,05 w Skoczowie do –2,91 w Ochabach.

Ryc. 2. Liczba miesięcy suchych, bardzo suchych i skrajnie suchych wyznaczonych na podstawie wskaźnika RPI w okresie wegetacyjnym (1984–2013)

☐ skrajnie suchy ☐ bardzo suchy ☐ suchy

Fig. 2. Number of months spells, very dry spells and extremely dry spells determined based on the RPI in the growing season (1984–2013)

☐ extremely dry ☐ very dry ☐ dry

Tabela 6. Liczba miesięcy z niedoborem opadów atmosferycznych w okresie wegetacyjnym wyznaczona na podstawie wartości wskaźników RPI i SPI (1984–2013)

Table 6. Number of months with the precipitation deficiency in the growing season determined based on the RPI and SPI values (1984–2013)

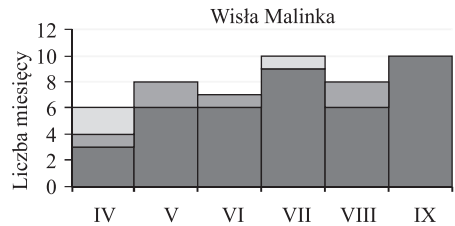
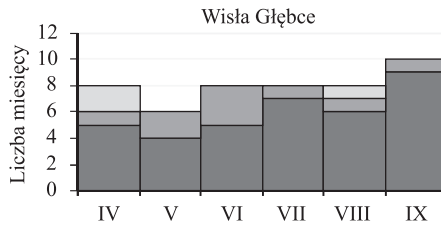
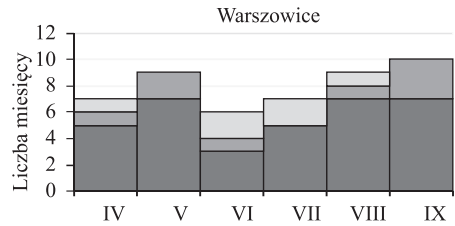
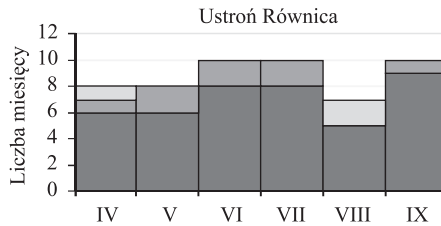
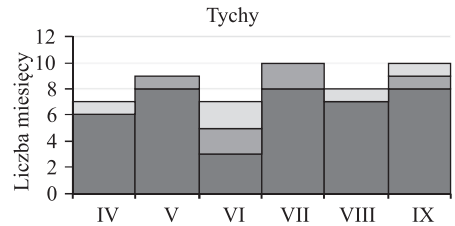
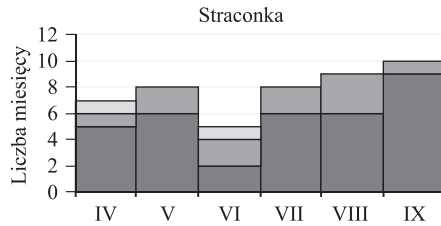
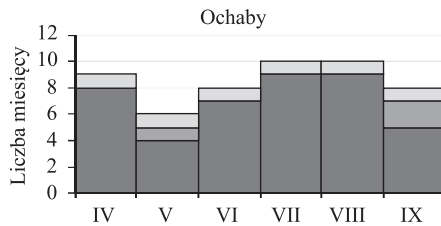
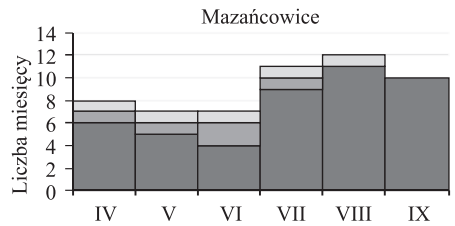
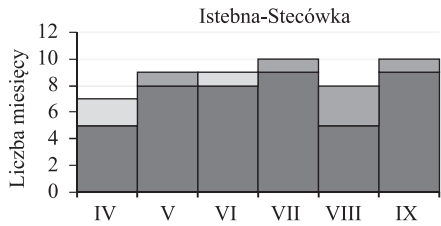
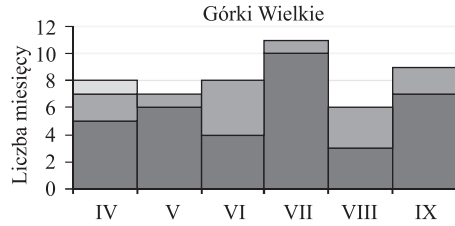
Miesiąc–Month	Wskaźnik–Index	Goczałkowice	Górki Wielkie	Istebna-Stecówka	Mazańcowice	Ochaby	Skoczów	Straconka	Tychy	Ustroń Równica	Warszowice	Wisła Głębcze	Wisła Malinka
IV	RPI	11	11	11	10	10	10	10	9	10	10	10	10
	SPI	6	8	7	8	9	9	7	7	8	7	8	6
V	RPI	9	8	9	10	11	7	10	10	10	9	8	8
	SPI	9	7	9	7	6	7	8	9	8	9	6	8
VI	RPI	7	9	6	7	5	10	6	7	10	6	7	7
	SPI	5	8	9	7	8	10	5	7	10	6	8	7
VII	RPI	11	11	12	11	14	13	13	15	14	11	11	13
	SPI	11	11	10	11	10	9	8	10	10	7	8	10
VIII	RPI	12	9	12	14	12	12	11	12	14	13	11	11
	SPI	11	6	8	12	10	10	9	8	7	9	8	8
IX	RPI	11	11	13	12	9	10	13	11	13	10	13	14
	SPI	11	9	10	10	8	9	10	10	10	10	10	10
Σ	RPI	61	59	63	64	61	62	63	64	71	59	60	63
	SPI	53	49	53	55	51	54	47	51	53	48	48	49

Ryc. 3. Liczba miesięcy ekstremalnie suchych, bardzo suchych i umiarkowanie suchych wyznaczonych na podstawie wskaźnika SPI w okresie wegetacyjnym (1984–2013)

ekstremalnie suchy
 bardzo suchy
 umiarkowanie suchy

Fig. 3. Number of months extremely dry spells, very dry spells and moderately dry spells determined based on the SPI in the growing season (1984–2013)

extremely dry
 very dry
 moderately dry



PODSUMOWANIE

W zlewni Małej Wisły okresy bezopadowe mogą występować w każdym miesiącu okresu wegetacyjnego. Najmniej tych dni zanotowano w Wiśle Malince (46,4%), a najwięcej w Warszowicach (55,5%). Okresy bezopadowe trwające 11–15 dni najczęściej występowały w latach 1984–2013 we wrześniu na całym badanym obszarze z wyjątkiem Warszowic, natomiast trwające ponad 20 dni w kwietniu w 7 i we wrześniu w 8 stacjach pomiarowych. Najwięcej dni bezopadowych wystąpiło w północnej i zachodniej części zlewni Małej Wisły, a najmniej w obszarze źródłowym Wisły. Okresy bezopadowe trwające ponad 20 dni najrzadziej występowały w południowej części badanego obszaru. W badanym wieloleciu do najbardziej suchych miesięcy w okresie wegetacyjnym należał kwiecień 2009 roku, kiedy to na wszystkich stacjach pomiarowych opad miesięczny stanowił do 20% średniej wieloletniej tego okresu. Najdłuższy okres z niedoborem opadów atmosferycznych wyznaczony na podstawie RPI wystąpił w 1992 roku i trwał on od maja do września w Straconce i Tychach; w pozostałych stacjach pomiarowych od maja do sierpnia z wyjątkiem czerwca w Istebnej-Stecówce oraz czerwca i lipca w Mazańcowicach i Goczałkowicach.

Największą liczbę okresów suchych wyznaczono na podstawie wskaźnika względnego opadu (RPI), jednak w przypadku głębokiej suszy meteorologicznej w wielu stacjach pomiarowych liczba miesięcy skrajnie suchych i ekstremalnie suchych, wyznaczonych według wskaźników SPI i RPI, w okresie wegetacyjnym była mało zróżnicowana w poszczególnych stacjach pomiarowych.

W przypadku liczby miesięcy z niedoborem opadów atmosferycznych wyznaczonych na podstawie wartości wskaźnika RPI i SPI w latach 1984–2013 – najmniej takich okresów wystąpiło w czerwcu, a znacznie więcej w lipcu, sierpniu i we wrześniu.

*

Praca została wykonana w ramach tematu Ś-1/229/2015/DS(kontynuacja) *Wpływ czynników antropogenicznych na ilościowe i jakościowe właściwości procesów hydrologicznych w zlewni, zadanie 3: Analiza własności niżówek w obszarze karpackim zlewni Górnej Wisły*, na podstawie danych dobowych opadów atmosferycznych ze stacji pomiarowych IMGW – PIB.

PIŚMIENNICTWO

- Bartczak, A., Glazik, R., Tyszkowski, S. (2014). The application of Box-Cox transformation to determine the Standardized Precipitation Index (SPI), the Standardised Discharge Index (SDI) and to identify drought events: case study in Eastern Kujawy (Central Poland). *J. Water Land Develop.*, 22, 3–15.
- Bąk, B., Kejna, M., Uscka-Kowalkowska, J. (2012). Susze meteorologiczne w rejonie stacji ZMŚP w Koniczynie (Pojezierze Chełmińskie) w latach 1951-2010, *Woda Środ. Obsz. Wiej.*, 12, 2(38), 19–28.
- Bąk, B., Łabędzki, L. (2003). Modification of standardized precipitation index SPI for drought monitoring in Poland. *Meteorological services tasks in NATO operations, missions and exercises*. 5 Intern. Symp. Milit. Meteorol. Poznań, 15–22.
- Brázdil, R., Trnka, M., Dobrovolný, P., Chromá, K., Hlavinka, P., Žalud, Z. (2009). Variability of droughts in the Czech Republic, 1881–2006. *Theor. Appl. Climatol.*, 97(3–4), 297–315.

- Douguédroit, A. (1992). Variations of precipitation and drought in the French Mediterranean Area (1864–1990). Proceedings Pre-Congress commission meeting, Commission on Climatology International Geographical Union, August, 3–8, 27–34.
- Grabowska, K., Banaszek, B., Szwejkowski, Z. (2004). Niedobory i nadmiary opadów na terenie województwa warmińsko-mazurskiego w latach 2000–2002. *Acta Agrophys.*, 3(1), 57–64.
- Jarząbek, A., Sarna, S., Karpierz, M. (2013). Ochrona przed suszą w planowaniu gospodarowania wodami. Metodyka postępowania. Zleceniodawca: KZGW Warszawa. RS-Eko Pracownia Projektowa i Konsultingowa, Kraków.
- Kasperska-Wołowicz, W., Łabędzki, L., Bąk, B. (2003). Okresy posuszne w rejonie Bydgoszczy. *Woda Środ. Obsz. Wiej.*, 3(9), 39–56.
- Kalbarczyk, E., Kalbarczyk, R. (2005). Identyfikacja okresów suszy atmosferycznej w okolicy Szczecina w latach 1963–2002. *Woda Środ. Obsz. Wiej.*, 5(14), 171–183.
- Koźmiński, Cz. (1983). Agroklimat województwa szczecińskiego. Szczecińskie Towarzystwo Naukowe, Wydział Nauk Przyrodniczo-Rolniczych, Szczecin.
- Koźmiński, Cz. (1986). Przestrzenny i czasowy rozkład okresów bezopadowych trwających ponad 15 dni na terenie Polski. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.*, 268, 17–36.
- Łabędzki, L. (2006). Susze rolnicze. Zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji. *Woda Środ. Obsz. Wiej.*, Rozprawy Naukowe i Monografie, 17.
- McKee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Eighth Conference on Applied Climatology, Anaheim 17–22.01.1993, 179–184.
- McKee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J. (1995). Drought monitoring with multiple time scales. Preprints 9th Conference on Applied Climatology, Dallas 15–20.01.1995, 233–236.
- Michalska, B., Kalbarczyk, E. (2007). Ocena intensywności suszy atmosferycznej na Nizinie Szczecińskiej w roku 2006 na tle wielolecia. *Acta Agrophys.*, 10(1), 159–173.
- Olechnowicz-Bobrowska, B. (1970). Częstość dni z opadem w Polsce. *Prace Geogr.*, 86.
- Radzka, E. (2014). Ciągi dni bezopadowych w okresie wegetacyjnym w środkowo-wschodniej Polsce (1971–2005). *Acta Agrophys.*, 21(4), 483–491.
- Twardosz, R. (1999). Charakterystyka okresów bezopadowych w Krakowie, 1863–1995. *Przeł. Geogr.*, 71(4), 435–446.
- Twardosz, R. (2000). Wieloletnia zmienność sum dobowych opadów w Krakowie w powiązaniu z sytuacjami synoptycznymi. *Prace Geogr.*, 105, 19–71.
- Ziernicka-Wojtaszek, A. (2012). Porównanie wybranych wskaźników oceny suszy atmosferycznej na obszarze województwa podkarpackiego (1901–2000). *Woda Środ. Obsz. Wiej.*, 12, 2(38), 365–376.

DEFICIENCIES OF PRECIPITATION IN THE GROWING SEASON IN THE MAŁA WISŁA CATCHMENT (1984–2013)

Abstract. The rain-free days' sequence was analysed based on the daily values of precipitations from 12 measuring stations located in the Mała Wisła river basin. The evaluation of the monthly precipitation deficits was also done using the relative precipitation index (RPI) and the standardized precipitation index (SPI). The considered daily precipitation data from the years 1984–2013 originate from IMGW-PIB. It was shown that the average number of rain-free days in a year in the studied area was from 157 in Wisła Malinka up to 195 days in Warszowice, and in the growing season from 85 days in Wisła Malinka, 89 days in Istebna-Stecówka and Wisła Głębce up to 99 days in Tychy and 102 days in Warszowice. During the researched 30-year period, the highest number of droughts occurred in the years: 1992, 1994, 1999, 2005. In case of total number of months with the

rainfall below the multiannual average value – the lowest number of such months were in Górki Wielkie and in Warszowice – 59, and the highest number – 71 in Ustroń Równica. However, the number of months with the precipitation deficit with different intensity determined based on SPI values varies from 48 in Warszowice and Wisła Głębcze up to 55 in Mazańcowice. The most severe meteorological drought of the growing season occurred in the whole area in April 2009.

Key words: meteorological drought, rain-free days' sequence, relative precipitation index, standardized precipitation index

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 15.06.2016

Do cytowań – For citation: Cebulska, M. (2016). Niedobory opadów atmosferycznych w okresie wegetacyjnym w zlewni Małej Wisły (1984–2013). *Acta. Sci. Pol., Formatio Circumiectus*, 15(2) 13–26.